Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۷ شماره ۴، صفحه ۳۸۸-۳۷۷، (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2019.126537.1840
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1398.27.365.78.4.1578.41

تحمل به خشکی نونهال‌های پنج کلن صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh)

سیداحسان ساداتی [۱*]، جمشید مختاری [۲] و فرهاد اسدی [۳]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. پست الکترونیک: sadati10@yahoo.com

۲- مربی، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۳- دانشیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۳

چکیده

در پژوهش پیش‌رو، نونهال‌های صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh) به مدت چهار ماه تحت تنش خشکی قرار گرفتند. قلمه‌های پنج کلن صنوبر دلتوئیدس تهیه‌شده از خزانه تتارد ایستگاه چمستان در ایستگاه تحقیقات باغبانی قائمشهر کاشته شدند. در خردادماه وقتی نونهال‌ها به قطر و ارتفاع مناسب رسیدند، نونهال‌های یکدست انتخاب و با ۲۰ تیمار شامل پنج سطح کلن (*P. d. 63.10*، *P. d. 63.51*، *P. d. 69.55*، *P. d. 73.51* و *P. d. 77.51*) و چهار سطح خشکی (دور آبیاری ۳ ، ۶ ، ۹ و ۱۲ روز) در سه تکرار در قالب طرح فاکتوریل با بلوک‌های کامل تصادفی آزمایش شدند. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی باعث کاهش زنده‌مانی، رشد، زی‌توده، فتوسنتز و تعرق نونهال صنوبر دلتوئیدس شد، اما کلن ۶۹/۵۵ علاوه‌بر زنده‌مانی مناسب، دارای رشد مطلوبی (به‌ویژه در آبیاری سه‌روزه) بود. کلن ۶۳/۱۰ به‌رغم بیشترین زنده‌مانی، رشد کمتری نسبت به کلن‌های ۶۹/۵۵ و ۶۳/۵۱ داشت. این کلن‌ها با مکانیزم اجتناب از تنش، در برابر کم‌آبی مقاومت نشان دادند. کلن ۷۷/۵۱ با دور آبیاری ۱۲روزه، حساس‌ترین کلن در برابر خشکی شناخته شد. اگرچه فاصله آبیاری باعث اختلال در رشد صنوبرها شد، اما کلن‌های ۶۹/۵۵، ۶۳/۵۱ و ۶۳/۱۰ توانستند دور آبیاری ۹روزه را به‌مدت یک فصل رشد تحمل کنند. براساس نتایج این پژوهش، توصیه می‌شود برای تولید نهال در خاک‌های با بافت متوسط در نهالستان و توسعه زراعت چوب در مناطق کم‌آب نواحی شمال کشور از نهال‌های کلن‌های مقاوم معرفی‌شده در این پژوهش به‌ویژه کلن ۶۹/۵۵ با دور آبیاری ۹روزه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رشد نونهال، زنده‌مانی، فتوسنتز.

مقدمه

صنوبرها (Poplars) از گونه‌های تندرشد هستند که به‌طور گسترده در صنایع چوب و کاغذ و تولید انرژی استفاده می‌شوند (Yin *et al*., 2004). آزمایش‌های مختلفی درمورد مقاومت به خشکی صنوبرها در خارج و داخل کشور انجام شده است. در پژوهش Sadati (۲۰۱۱) مشخص شد که گونه *P. caspica* Bornm. تحت تنش خشکی تا ۴۰ درصد ظرفیت زراعی را تحمل کرده و تنش خشکی موجب کاهش رشد و کاهش فتوسنتز خالص در نهال‌های آن می‌شود. پژوهش Bagheri (۲۰۱۲) نشان داد

www.SID.ir

Archive of SID

که *P. trichocarpa*، *P. d.* 69/55، *P. e. vernirubensis*، *P. e. triplo* و *P. n. bentulifolia* در فاصله آبیاری ۱۲ روز با افت شدید رشد و تولید مواجه شده و این فاصله آبیاری برای تولید چوب صنوبر مطلوب نیست و فواصل آبیاری ۸-۴ روزه، به‌رغم مصرف آب بیشتر، رشد و تولید را در برخی کلن‌ها افزایش داد. در پژوهش Sadati و Tabari (۲۰۱۳) مشخص شد که اثر تنش خشکی بر نهال‌های *P. caspica* در سال دوم موجب کاهش پتانسیل آبی و کاهش رشد نهال‌ها می‌شود. Sadati و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که با افزایش فواصل آبیاری و عدم دسترسی ریشه نهال‌های *P. alba* به رطوبت کافی، نهال‌ها تاحدودی کاهش رطوبت را تحمل کرده و با ۵۵ درصد زنده‌مانی توانستند دور آبیاری چهار روزه را به مدت سه ماه تحمل کنند. در بررسی کلن‌های مختلف تبریزی (*P.nigra*) مشخص شد که تنش خشکی باعث کاهش رشد کلن‌های این صنوبر شده و کلن‌های *P. nigra 53/42* و *P. nigra* M. (مبدأ مریوان) نسبت به کم‌آبی مقاوم هستند (Yosefi & Modir-Rahmati, 2018).

در پژوهش‌های خارج از کشور مشخص شده است که صنوبرهای با مبدأ مناطق معتدل نیاز آبی زیادی دارند و تأمین آب مورد نیاز به‌شدت در بهره‌وری و عملکرد آن‌ها تأثیر دارد (Tschaplinski *et al*., 1994; Zsuffa *et al*., 1996). اثرات تنش خشکی بر قلمه‌های *P. euramericana* (Dode) نشان داد که کاهش رطوبت باعث تأخیر در زمان ریشه‌زایی و کاهش مقدار ریشه‌دهی می‌شود. همچنین، در این آزمایش مشخص شد که قلمه‌های تحت تنش علاوه‌بر رشد نامطلوب از نظر طول و تعداد ریشه نیز کاهش معنی‌داری داشتند (Puri & Thompson, 2003). Zhang و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی قدرت تحمل به خشکی *P. davidiana* (Dode) در تنش ۱۰۰-۳۰ درصد ظرفیت زراعی نشان دادند که نهال‌های با منشأ منطقه مرطوب‌تر دارای مشخصه‌های ارتفاع، سطح برگ و سطح ویژه برگ بیشتر و نسبت ریشه به اندام هوایی کمتری نسبت به مناطق خشک‌تر بوده و با افزایش تنش، رشد، فتوسنتز و تعرق در نهال‌های این گونه کم می‌شود. Chunying و همکاران (۲۰۰۵) با اعمال تنش خشکی در سطوح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی درمورد *P. kangdingensis* گزارش کردند که سطح برگ، تعرق، هدایت روزنه‌ای کاهش و کارایی مصرف آب افزایش یافته، با این‌حال تنش رطوبتی باعث کاهش رشد قطری و ارتفاعی، کاهش زی‌توده، تعداد برگ، نرخ فتوسنتز خالص، تخریب سیستم فتوسنتزی و اختلال در کارایی فتوسیستم (II) به‌ویژه در تنش ۲۵درصد ظرفیت زراعی می‌شود.

دلتوئیدس و تبریزی از مهم‌ترین گونه‌های صنوبر هستند که برای زراعت چوب در بیشتر کشورهای دنیا کشت می‌شوند (Modir-Rahmati, 1996). با توجه به تعدد و تنوع ارقام مختلف گونه دلتوئیدس، تلاش می‌شود ارقام مقاوم برای توسعه زراعت چوب در اراضی کم‌آب شناسایی و استفاده شوند. در پژوهش پیش‌رو، برای اولین بار در ایران کلن‌های برتر صنوبر دلتوئیدس برای معرفی در برخی نواحی خشک‌تر جلگه‌ای شمال کشور معرفی شده‌اند.

روش پژوهش

در اول اسفند ۱۳۹۶، از شاخه‌های نورسته (یک‌ساله) پنج کلن صنوبر دلتوئیدس موجود در خزانه باغ تتارد ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان، قلمه‌هایی با ۳ تا ۴ جوانه (طول ۱۸ تا ۲۰ سانتی‌متر و قطر یک سانتی‌متر) تهیه شد. قلمه‌ها به نهالستان ایستگاه تحقیقات باغبانی قائمشهر منتقل و در گلدان‌های پلاستیکی (۱۱ × ۱۹/۵ سانتی‌متر) حاوی خاک لومی- شنی کاشته شدند. بافت (درصد ذرات)، وزن مخصوص ظاهری و رطوبت خاک مورد استفاده در آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات مازندران اندازه‌گیری شد (جدول ۱). پس از تعیین این مشخصه‌ها، منحنی رطوبتی خاک که رابطه بین پتانسیل آب خاک و رطوبت را مشخص می‌کند با استفاده از رابطه ۱ (Saxton *et al*., 1986) ترسیم شد (شکل ۱).

$$\Psi_m = A\theta_v^{\ B} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن: Ψ_m پتانسیل ماتریک خاک بر حسب کیلوپاسکال، θ_v رطوبت حجمی خاک بر حسب متر مکعب بر متر مکعب و A و B ضریب‌هایی هستند که می‌توان آن‌ها را به ویژگی‌های خاک ارتباط داد و از رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه می‌شوند:

$$A = \exp^{[-4.396-0.0715(C)-4.88\times10^{-4}(S)^2-4.285\times10^{-5}(S)^2(C)]100}$$ رابطه (۲)

$$B = -3.14-0/00222C^2-3.484\times10^{-5}S^2C$$ رابطه (۳)

که در آن‌ها: C درصد رس و S درصد شن خاک هستند.

بر این اساس، ظرفیت زراعی (F.C) و نقطه پژمردگی (PWP) خاک مشخص شدند. پس از محاسبه تفاضل آن‌ها و ۱۰۰ درصد آن، وزن مرجع برای کنترل رطوبت در خاک تعیین شد. وزن مرجع شامل وزن خاک خشک، وزن نونهال، وزن گلدان و وزن مرجع در نقطه پژمردگی است. پس از تعیین وزن مرجع، دور آبیاری براساس آن اعمال شد. در اواخر بهار پیش از شروع آزمایش، قطر یقه و ارتفاع کلیه نونهال‌ها اندازه‌گیری شد. برای جلوگیری از تبخیر سطحی خاک، سطوح جانبی گلدان‌ها با ورق آلومینیومی پوشانده شدند. سپس، گلدان‌ها در دوره‌های آبیاری مختلف توزین و به اندازه اختلاف از وزن مرجع با ظرف مدرج (بشر) آبیاری شدند. سیصدوشصت نونهال یکدست و یکنواخت از نظر قطر و ارتفاع برای اعمال تنش انتخاب شدند. درواقع، نونهال‌ها با ترکیب تیمار کلن (*P. d. 63/10*، *P. d.* 63/51، *P. d.* 69/55، *P. d.* 73/51 و *P. d.* 77/51 و دور آبیاری ۳، ۶، ۹ و ۱۲روزه در سه تکرار آزمایش شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با چهار سطح تیمار دور آبیاری و پنج سطح کلن در سه تکرار (شش نونهال در هر تکرار) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در یک فضای مسقف نهالستان از ۱۲ خرداد تا ۱۸ مهر اجرا شد.

صفات ریخت‌شناسی

در پایان دوره، پس از شمارش نونهال‌ها برای تعیین درصد زنده‌مانی، مهم‌ترین مشخصه‌های ریخت‌شناسی نونهال‌های هر تیمار در هر تکرار (بلوک) شامل صفات رشد (قطر و ارتفاع)، تعداد برگ، سطح برگ، زی‌توده ریشه، اندام‌هوایی و زی‌توده کل اندازه‌گیری شد. قطر نونهال‌ها توسط کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر و ارتفاع آن‌ها با خط‌کش مدرج با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

زی‌توده

در پایان فصل رشد، نونهال‌ها از گلدان‌ها خارج و پس از شستشوی ریشه‌ها از محل یقه قطع شدند. سپس، ریشه‌ها و ساقه و برگ‌ها به‌طور جداگانه در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شده و درنهایت با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. بدین‌ترتیب، وزن خشک ریشه‌ها به‌عنوان زی‌توده ریشه و وزن خشک ساقه و برگ به‌عنوان زی‌توده اندام هوایی تعیین شد (Ji-Rui *et al.*, 2007).

صفات فیزیولوژی

اندازه‌گیری تبادلات گازی: نرخ جذب و تحلیل خالص دی‌اکسید کربن (A) و تعرق (E) در واحد سطح برگ و در اواخر دوره تنش انجام شد. در هر نونهال سه برگ بالغ و سالم از یک‌پنجم بالایی ارتفاع انتخاب و اندازه‌گیری تبادلات گازی برگ‌ها در هوای آزاد و شرایط طبیعی دما، نور و رطوبت نسبی هوا با دستگاه پرتابل LCA4 مجهز به سامانه تجزیه‌کننده گاز فروسرخ (IRGA) و محفظه برگی

www.SID.ir

Archive of SID

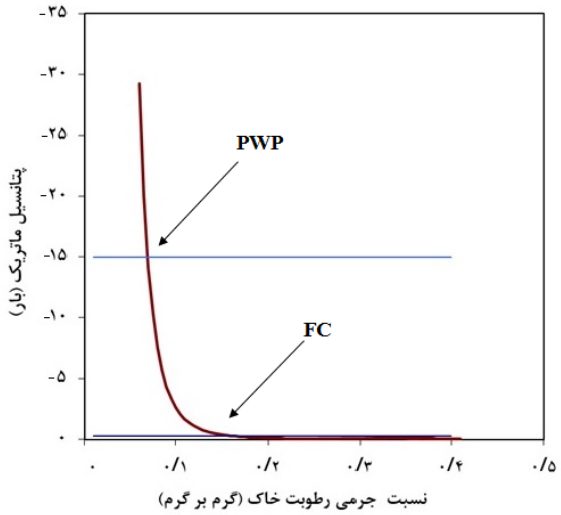
PLC_4 و حس‌گرهای دما و تراکم جریان فوتونی انجام شد. محفظه برگ در هر اندازه‌گیری در جهتی قرار گرفت که حداکثر دریافت مسقیم نور خورشید را داشته باشد (Novello, 1998).

تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کولموگروف- سمیرنوف و برای بررسی همگنی واریانس بین گروه‌ها از آزمون لون استفاده شد. تجزیه واریانس دوطرفه با استفاده از مدل‌های خطی (General Linear Model) انجام شد. در صورت وجود تفاوت معنی‌دار در اثرات متقابل بین فاکتورهای مورد بررسی (کلن × دوره‌های آبیاری)، از فرمان Lsmeans موجود در نرم‌افزار SAS استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون توکی مقایسه شدند. با توجه به ثبت داده‌های زنده‌مانی به‌صورت درصد، ابتدا داده‌ها با استفاده از فرمان Arc sin تبدیل و پس از برقراری شرایط استفاده از آزمون تجزیه واریانس (توزیع نرمال) از فرمان GLM خروجی جدول تجزیه واریانس گزارش شد (Abdolmajid Rezaei, 2012). نمودارها با نرم‌افزار Excel 2003 ترسیم شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مورد استفاده در آزمایش تیمارهای تنش خشکی درمورد کلن‌های صنوبر

بافت	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	هدایت الکتریکی دسی زیمنس/متر	پتاسیم میلی گرم/کیلوگرم	فسفر میلی گرم /کیلوگرم	ازت (٪)	ماده آلی (٪)	کربن آلی (٪)	اسیدیته
لوم شنی	۱۱	۳۶	۵۳	۱/۱۳	۶۷	۱۳/۳	۰/۰۴۳	۰/۸۹	۰/۵۲	۸/۲



شکل ۱- منحنی مشخصه رطوبتی خاک مورد استفاده درآزمایش تنش خشکی

نتایج

زنده‌مانی

پس از چهار ماه، اعمال تنش خشکی بین کلن‌های مختلف و شدت تنش (دور آبیاری) در مشخصه زنده‌مانی نونهال‌ها تفاوت معنی‌دار ایجاد کرد (جدول ۲). پنج کلن ۶۳/۱۰، ۶۹/۵۵ و ۷۳/۵۱ زنده‌مانی بیشتر و تلفات کمتری داشتند (شکل ۲). همچنین، با افزایش تنش آبی و فاصله دوره آبیاری، زنده‌مانی کمتر شد، به‌طوری که نونهال‌های تمام کلن‌های مورد آزمایش تحت تنش ۱۲روزه پس از دو ماه تحمل خشکی شدید به‌تدریج خشک شدند، اما با دور آبیاری سه، شش و نه‌روزه توانستند

www.SID.ir

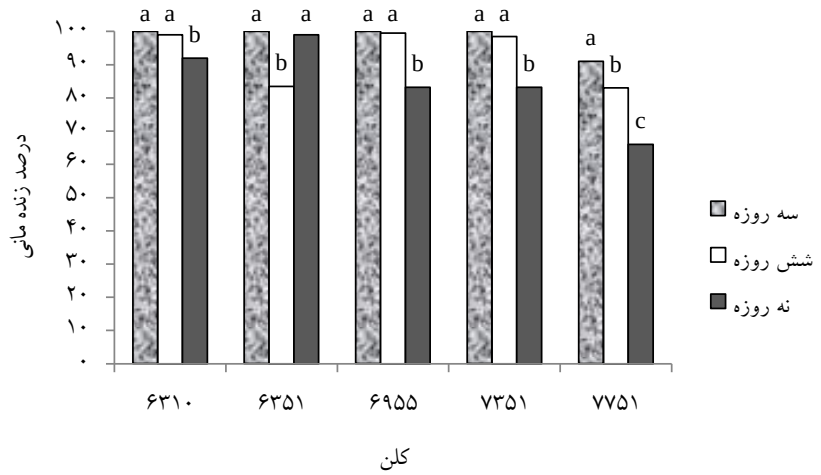
Archive of SID

چهار ماه و حتی با دور آبیاری نه‌روزه زنده‌مانی مطلوبی داشته باشند و به رشد خود ادامه دهند. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، نونهال‌های کلن ۷۷/۵۱ کمترین زنده‌مانی در دور آبیاری نه‌روزه را داشتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات کلن و دور آبیاری بر زنده‌مانی و صفات مختلف نونهال‌های صنوبر دلتوئیدس تحت تنش خشکی

صفت	df				MS				
	بلوک	کلن	آبیاری	آبیاری× کلن	خطا	بلوک	کلن	آبیاری	آبیاری× کلن	خطا
زنده‌مانی	۲	۴	۲	۸	۱۶۳	۰/۰۳۹**	۱/۴۹**	۳/۳**	۰/۶۵**	۰/۰۰۲
رشد قطری	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۰/۰۰۳^{ns}	۱/۷**	۳۴/۸**	۱/۹۸**	۰/۳۶۹
رشد ارتفاعی	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۵۰/۹^{ns}	۷۰/۳**	۳۱۸۳/۹**	۱۹۰/۶**	۲۲/۴
تعداد برگ	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۱۵/۴^{ns}	۱۱۴/۸**	۲۳۸/۸**	۳۵**	۶/۷
سطح برگ	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۱۱/۶^{ns}	۱۳۸۸**	۳۴۰۳**	۴۲۸/۶**	۱۹/۶
وزن خشک برگ	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۳/۲^{ns}	۲۷/۷**	۲۴۱**	۸/۵**	۰/۷۲۶
وزن خشک ساقه	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۲/۵^{ns}	۲۳/۹**	۲۸۷/۵**	۸**	۱
وزن خشک ریشه	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۰/۴۷۹^{ns}	۱۴/۳	۱۳۱/۳**	۵/۱**	۰/۳۹
فتوسنتز	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۱/۳**	۱۹/۴	۲۳/۴	۷/۸	۰/۲۰۸
تعرق	۲	۴	۳	۱۲	۲۱۸	۲/۴**	۷/۱	۱۰/۲	۶/۵	۰/۱۲

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، ^{ns}غیرمعنی‌دار



شکل ۲- میانگین زنده‌مانی اثرات متقابل (کلن × دور آبیاری) نونهال‌های صنوبر دلتوئیدس در پایان دوره تنش خشکی
حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (کلن × تنش) با آزمون توکی نونهال‌های صنوبر دلتوئیدس تحت تنش خشکی

ردیف	کلن × آبیاری	رویش قطری (میلی‌متر)	رویش ارتفاعی (سانتی‌متر)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن برگ (گرم)	وزن ساقه (گرم)	وزن ریشه (گرم)
۱	۶۳/۱۰(۳)	۲/۳±۰/۱b	۱۹/۶±۱c	۱۱/۲±۰/۳a	۳۳/۴±۰/۳۸c	۶/۱±۰/۴ab	۵/۵±۰/۹۶c	۳/۷±۰/۵۸c
۲	۶۳/۱۰(۶)	۱/۸±۰/۱c	۱۴/۴±۱/۲d	۵/۲±۱c	۲۳/۲±۱/۷cd	۱/۳۸±۰/۱۲e	۳/۲۱±۰/۴d	۱/۰۹±۰/۱۴e
۳	۶۳/۱۰(۹)	۲/۱±۰/۱۵b	۲۱/۲±۰/۳bc	۱۰/۵±۰/۶a	۲۱/۲±۰/۸۹e	۲/۷±۰/۲۴d	۳/۲±۰/۶d	۱/۴۳±۰/۵۸e
۴	۶۳/۱۰(۱۲)	۱/۵±۰/۰۵cd	۱۰/۲±۰/۳۱e	۶/۶±۰/۳۴c	۱۳/۲±۰/۳۳f	۰/۹۶±۰/۱۵e	۱/۳۶±۰/۴g	۰/۶۴±۰/۰۵ef
۵	۶۳/۵۱(۳)	۲/۵±۰/۰۸ab	۳۰±۲a	۱۰/۸±۰/۳a	۳۵/۹±۰/۴۴c	۵/۹±۱/۲b	۸/۰۹±۱/۴a	۲/۸±۰/۶d
۶	۶۳/۵۱(۶)	۱/۹±۰/۱bc	۱۶/۶±۰/۹cd	۹/۵±۰/۳a	۳۶/۸±۲bc	۲/۱±۰/۳d	۲/۷±۰/۶f	۰/۷۴±۰/۱۷e
۷	۶۳/۵۱(۹)	۱/۰۴±۰/۲d	۲۰/۳±۰/۵d	۱۲/۱±۰/۴a	۴۰/۳±۶b	۳/۱±۰/۴۳c	۳/۸±۰/۵۴e	۰/۵۵±۰/۰۵f
۸	۶۳/۵۱(۱۲)	۰/۳۲±۰/۰۲e	۳/۵±۰/۱۵f	۴/۷±۰/۶c	۱۶/۴±۰/۲۳f	۰/۵±۰/۱۶f	۰/۶±۰/۲h	۰/۲۴±۰/۰۹f
۹	۶۹/۵۵(۳)	۲/۸±۰/۰۸a	۲۷/۲±۰/۹ab	۱۳/۱±۱/۷a	۲۸/۱±۰/۱۷d	۶/۷±۰/۶۳a	۷/۱±۱b	۵/۵±۱/۹a
۱۰	۶۹/۵۵(۶)	۲/۲±۰/۰۸b	۲۲/۸±۰/۹۴bc	۱۱/۱±۰/۹a	۲۹/۷±۰/۵d	۲/۲±۰/۷d	۳/۸±۰/۸de	۱/۴±۰/۱۱e
۱۱	۶۹/۵۵(۹)	۱/۵±۰/۱c	۱۸±۱/۹c	۹/۵±۰/۴b	۲۱/۹±۰/۱۶f	۱/۸±۰/۳e	۲/۷±۰/۵f	۰/۵۴±۰/۱۱f
۱۲	۶۹/۵۵(۱۲)	۰/۵۸±۰/۰۲de	۹/۴±۰/۸۷e	۹/۴±۰/۴۵ab	۱۷/۹±۶۶f	۰/۷۵±۰/۱۸e	۰/۹۶±۰/۲gh	۰/۴۸±۰/۰۷f
۱۳	۷۳/۵۱(۳)	۲/۴±۰/۱ab	۲۰/۴±۱/۲۹bc	۱۰/۶±۱/۷ab	۳۵/۷±۰/۴۴c	۵/۷±۱/۵b	۶/۳±۱bc	۴/۶±۰/۸b
۱۴	۷۳/۵۱(۶)	۲/۱±۰/۱۵b	۲۱/۲±۱/۳bc	۹/۵±۰/۳ab	۳۴/۵±۰/۵۷c	۳/۵±۰/۶۹c	۴/۲±۱e	۲/۲±۰/۱۴e
۱۵	۷۳/۵۱(۹)	۱/۵۸±۰/۸c	۲۳/۵±۲/۸b	۱۱/۰۸±۰/۷ab	۴۴/۴±۰/۶۶a	۳/۴±۰/۴۳c	۳/۶±۰/۴de	۱/۸±۰/۲e
۱۶	۷۳/۵۱(۱۲)	۱/۲±۰/۰۵cd	۱۰/۲±۰/۱۳e	۵/۸±۰/۶c	۱۶/۹±۰/۰۵f	۰/۹۸±۰/۲۵e	۱/۱±۰/۲۴gh	۰/۵±۰/۱ef
۱۷	۷۷/۵۱(۳)	۲/۶±۰/۱۵ab	۲۱/۵±۰/۱bc	۹/۲±۰/۵b	۲۵/۳±۰/۱۴de	۲/۸±۰/۳۷c	۴±۰/۴d	۲/۲۸±۰/۱e
۱۸	۷۷/۵۱(۶)	۲/۲±۰/۲b	۲۳/۴±۱/۱bc	۵/۴±۱c	۲۳/۴±۰/۲۸e	۰/۸۲±۰/۲e	۲/۲±۰/۶f	۰/۸۷±۰/۲e
۱۹	۷۷/۵۱(۹)	۲/۳±۰/۱b	۲۱/۶±۱/۱bc	۵/۹±۱c	۲۳/۱±۰/۷۶e	۱/۲±۰/۱۲e	۱/۷±۰/۴f	۰/۹۶±۰/۱۵e
۲۰	۷۷/۵۱(۱۲)	۰/۲۱±۰/۰۲e	۳/۲±۰/۳۲h	۵/۴±۰/۵c	۱۴/۶±۰/۶f	۰/۶۱±۰/۱۲e	۰/۵۳±۰/۲h	۰/۳۳±۰/۱۶f

اعداد داخل پرانتز بیانگر دور آبیاری و علامت ± بیانگر اشتباه معیار میانگین‌ها است. حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

رشد (رویش قطری و ارتفاعی)

براساس نتایج، رویش قطری نونهال‌ها تفاوت معنی‌داری بین کلن‌های مختلف و شدت تنش (دور آبیاری) داشت. علاوه بر اثرات اصلی، اثرات متقابل (کلن× تنش خشکی) نیز در رویش قطری معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین، نتایج مقایسه میانگین کل تیمارها با آزمون توکی در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس، بیشترین رویش قطری (۲/۸ میلی‌متر) در کلن ۶۹/۵۵ با دور آبیاری سه‌روزه و کمترین رویش در کلن ۷۷/۵۱ با دور آبیاری ۱۲روزه مشاهده شد. در این بررسی، رویش ارتفاعی کلن‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند که این اختلاف در اثرات اصلی و متقابل مشخص شد (جدول ۲). بیشترین رویش ارتفاعی نیز در کلن‌های ۶۳/۵۱ و ۶۹/۵۵ با دورهای آبیاری سه‌روزه به‌ترتیب با ۳۰ و ۲۷/۳ سانتی‌متر مشاهده شد و کمترین رویش ارتفاعی به کلن ۷۷/۵۱ با دور آبیاری ۱۲روزه اختصاص داشت.

تعداد برگ و سطح برگ

زی‌توده اندام هوایی نونهال‌های تحت استرس خشکی تفاوت معنی‌داری را بین کلن‌های مختلف و شدت تنش (دور آبیاری) نشان دادند (جدول‌های ۲ و ۳). بر این اساس، تعداد برگ کلن‌های ۶۹/۵۵، ۶۳/۱۰ و ۶۳/۵۱ در دور آبیاری سه و شش‌روزه در شرایط مطلوب و با هم در گروه اول قرار گرفتند، هرچند در بین سه کلن فوق نیز نونهال‌های سه‌روزه ۶۹/۵۵ با میانگین ۱۳ برگ بیشترین نرخ برگ‌زایی را داشتند و نونهال‌های با دور آبیاری ۱۲روزه کلن‌های ۶۳/۱۰ و ۶۳/۵۱ برگ‌زایی مناسبی نداشتند. نکته قابل توجه اینکه نونهال‌های کلن ۷۷/۵۱ در همه دورهای آبیاری به‌جز دور آبیاری سه‌روزه، در برگ‌زایی نسبت به کلن‌های دیگر تحت تنش آسیب‌پذیرتر بوده و نامطلوب‌ترین نرخ برگ‌زایی را داشتند (جدول ۳). درخصوص صفت سطح برگ، همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، تفاوت بین کلن‌ها و دور آبیاری و همچنین اثر متقابل آنها معنی‌دار بود. نونهال‌های کلن ۷۳/۵۱ با متوسط سطح برگ ۴۴ سانتی‌متر مربع در دور آبیاری نه‌روزه بیشترین سطوح فتوسنتزکننده برگ را داشتند و همه کلن‌های صنوبر دلتوئیدس تحت آزمایش تنش خشکی در دوره آبیاری ۱۲روزه از کمترین سطح برگ برخوردار بود.

وزن خشک برگ و ساقه

در این پژوهش، وزن خشک برگ و ساقه نونهال‌های تحت تنش خشکی در کلن‌های مختلف صنوبر دلتوئیدس در فواصل آبیاری مختلف دارای تفاوت معنی‌دار بودند و اثرات متقابل (کلن × تنش خشکی) آن نیز معنی‌دار شد (جدول ۲). همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، کلن ۶۹/۵۵ با مقدار متوسط ۶/۷ گرم دارای بیشترین وزن خشک برگ در دوره آبیاری سه‌روزه بود و نونهال‌های کلن ۶۳/۵۱ در دوره آبیاری ۱۲روزه با ۰/۵ گرم، کمترین وزن خشک برگ را داشتند. همچنین، کلن ۷۷/۵۱ در دوره‌های شش، ۹ و ۱۲روزه آبیاری در گروه‌بندی توکی در رتبه ماقبل آخر قرار گرفتند. وزن خشک ساقه نیز در کلن‌های مورد بررسی در شرایط تنش رطوبتی تفاوت معنی‌داری داشتند که اثرات متقابل آن‌ها نیز این اختلاف را نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها و دسته‌بندی توکی مشخص کرد که کلن ۶۳/۵۱ با دور آبیاری سه‌روزه بیشترین متوسط وزن خشک ساقه (هشت گرم) و کلن ۶۹/۵۵ با دور آبیاری سه‌روزه با ۷/۱ گرم وزن خشک ساقه در رتبه دوم قرار داشت. همچنین، نونهال‌های کلن‌های ۷۷/۵۱ و۶۳/۵۱ در دور آبیاری ۱۲روزه از کمترین وزن خشک ساقه برخوردار بودند (جدول ۳).

وزن خشک ریشه

در این پژوهش، وزن خشک ریشه نونهال‌های تحت تنش خشکی در کلن‌های مختلف و در فواصل آبیاری مختلف تفاوت معنی‌دار داشته و اثرات متقابل (کلن × تنش) آن‌ها نیز تفاوت معنی‌دار را نشان داد (جدول ۲). همان‌طور که در جدول ۳ نیز مشاهده می‌شود، کلن ۶۹/۵۵ در دوره سه‌روزه با ۵/۵ گرم بیشترین وزن خشک ریشه (اندام زیرزمینی) را داشت و همه کلن‌ها به‌جز کلن ۶۳/۱۰ در دور

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری ۱۲روزه، کمترین وزن خشک ریشه را داشتند.

صفات فیزیولوژی

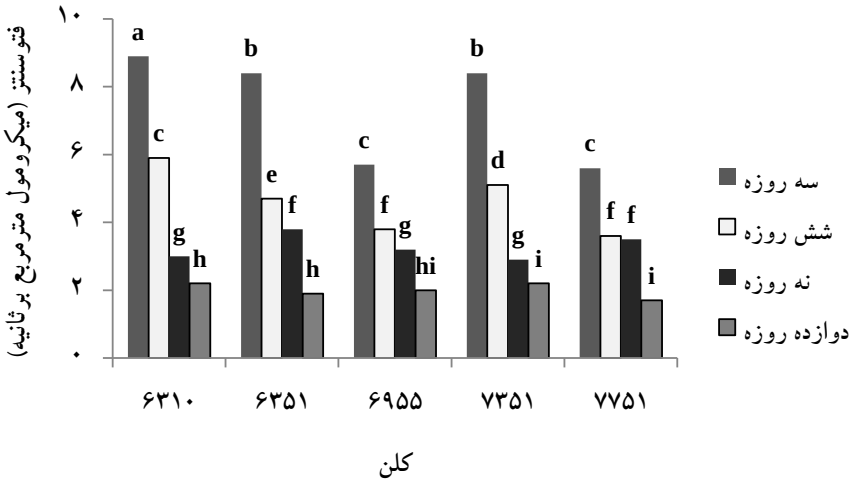
براساس نتایج، صفات فیزیولوژی و تبادلات گازی (فتوسنتز خالص و تعرق) نهال‌های تحت تنش خشکی در کلن‌های مختلف و در فواصل آبیاری مختلف تفاوت معنی‌داری داشته و اثرات متقابل (کلن × تنش) آن‌ها نیز معنی‌دار بود (جدول ۲).

نرخ فتوسنتز خالص

نونهال‌های کلن ۶۳/۱۰ با دور آبیاری سه‌روزه بیشترین نرخ متوسط فتوسنتز خالص (۸/۵ میکرومول مترمربع بر ثانیه) و پس از آن کلن‌های ۷۳/۵۱ و ۶۳/۵۱ با دور آبیاری سه‌روزه قرار داشتند. نونهال‌های کلن ۷۷/۵۱ و ۷۳/۵۱ با دور آبیاری ۱۲روزه کمترین نرخ فتوسنتز خالص را داشتند (شکل ۳).

تعرق

نرخ تعرق در نونهال‌های کلن‌های مورد بررسی در شرایط تنش رطوبتی تفاوت معنی‌دار داشت و اثرات متقابل آن (کلن× تنش) نیز تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین و دسته‌بندی توکی مشخص کرد که کلن ۷۷/۵۱ در دور آبیاری سه‌روزه با متوسط تعرق (۳/۹ میلی‌مول مترمربع بر ثانیه) بیشترین نرخ تعرق را داشت. نونهال‌های کلن ۵۱/ ۶۳ در دور آبیاری ۱۲روزه و کلن ۶۹/۵۵، در دور آبیاری شش‌روزه با (۱/۲ میلی‌مول مترمربع بر ثانیه) کمترین نرخ تعرق را داشتند (شکل ۴).



شکل ۳- مقایسه نرخ فتوسنتز خالص نونهال‌های کلن‌های مختلف در دوره‌های آبیاری

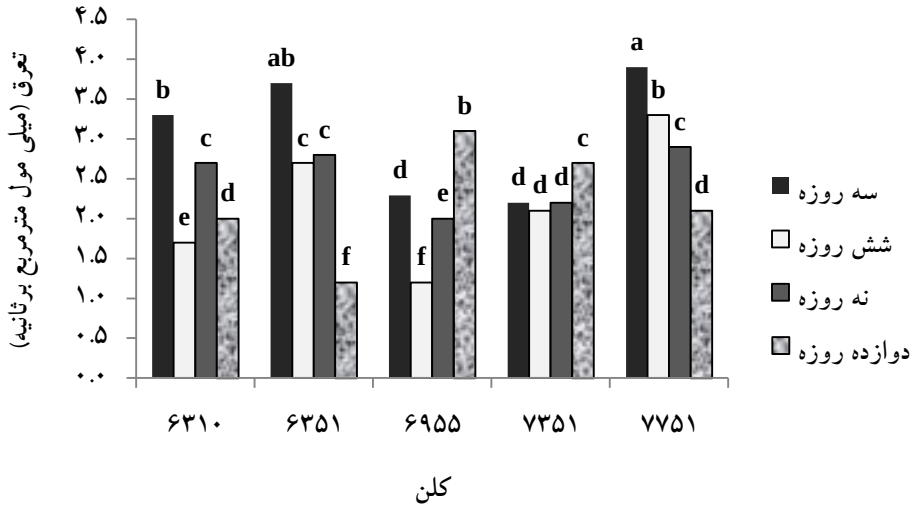
حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است.

بحث

در این پژوهش، پنج کلن صنوبر دلتوئیدس تحت تیمارهای مختلف دور آبیاری (شدت‌های مختلف تنش خشکی) قرار گرفتند که نونهال‌های آن‌ها در زنده‌مانی و برخی صفات رشد تفاوت‌هایی را نشان دادند. در نتایج زنده‌مانی نونهال‌ها پس از چهار ماه تحمل تنش خشکی، تمامی کلن‌های با دور آبیاری ۱۲روزه خشک شدند، اما نونهال‌های با دور آبیاری نه‌روزه زنده‌مانی زیادی داشتند. کلن ۷۷/۵۱ با بیشترین تلفات کمترین تحمل به تنش خشکی را داشت.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- مقایسه تعرق نهال‌های کلن‌های مختلف در دوره‌های آبیاری

حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است.

از سوی دیگر، در دورهای آبیاری مختلف تغییر در زنده‌مانی نیز مشهود بود، به‌طوری که با افزایش فواصل آبیاری و تشدید تنش رطوبتی ماندگاری نونهال‌ها کم شد و نونهال‌های با دورهای آبیاری ۱۲روزه پس از حدود ۶۵ روز تحمل تنش به‌تدریج خشک شدند، اما نونهال‌های با فاصله سه روز آبیاری، بهترین ماندگاری و نونهال‌های با دور آبیاری نه‌روزه با زنده‌مانی حدود ۹۰ درصد رشد مناسبی داشتند. این نتیجه با نتایج Sadati (۲۰۱۱) و Bagheri (۲۰۱۲) نیز مطابقت دارد، با این اختلاف که در دو پژوهش مذکور دور آبیاری برای برخی از صنوبرها هشت‌روزه بود. همچنین، در پژوهش Sadati و همکاران (۲۰۱۴) مشخص شد که نونهال‌های *P. alba* طی مدت سه ماه تنش خشکی در فواصل نه‌روزه، ۵۵ درصد زنده‌مانی داشتند.

در این پژوهش، کمبود آب و رطوبت خاک اثرات نامطلوبی بر کلن‌های مختلف صنوبر گذاشت، به‌طوری‌که با تشدید تنش (ایجاد فاصله در آبیاری) رشد برخی نونهال‌ها به حداقل رسید. نقش آب در تکثیر سلول و فرایند فتوسنتز و دستگاه فتوسنتزی نونهال تعیین‌کننده است. ضمن اینکه گیاه برای مقابله با کم‌آبی بخشی از انرژی خود را صرف تنظیم عملکرد اسمزی می‌کند که موجب رشد قطری و ارتفاعی می‌شود.

رویش ارتفاعی نونهال‌های کلن‌های مختلف صنوبر دلتوئیدس تحت تنش خشکی نیز متفاوت بود. مقدار آب در منطقه ریزوسفر خاک برای رشد ارتفاعی نونهال‌ها حائز اهمیت فراوان است و نقش کلیدی در افزایش رشد در منطقه مریستم گیاه و فیزیولوژی تکثیر و تبادلات گازی و به‌ویژه ایجاد گرادیان رطوبتی برای تعرق نونهال و همچنین انتقال عناصر تغذیه‌ای و تبادل کاتیونی دارد. در این پژوهش، افزایش تنش و فاصله در آبیاری کاهش رشد در نونهال‌ها را به‌دنبال داشت. برخی کلن‌ها با ایجاد مکانیزم‌های تحمل و اجتناب از تنش مقاومت مناسبی به کم‌آبی نشان دادند، به‌طوری‌که کلن‌های ۶۳/۵۱ و ۶۹/۵۵ در دورهای آبیاری سه‌روزه بیشترین رویش ارتفاعی را داشتند. همچنین، نونهال‌های کلن ۷۷/۵۱ به‌ویژه در دوره‌های آبیاری ۱۲روزه رشد حداقلی داشتند. اثرات نامطلوب کم‌آبی بر رشد صنوبرها در پژوهش‌های Yousefi و Modir Rahmati (۲۰۱۸) درمورد کلن‌های تبریزی (*P. nigra*) و در پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۰۴) درمورد *P. davidiana* نیز گزارش شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

زی‌توده نونهال از مشخصه‌هایی است که تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد. در پایان تیمارهای این پژوهش، نونهال‌های کلن‌های صنوبر زی‌توده متفاوتی داشتند. کم‌آبی بر رشد نونهال‌ها و در نتیجه بر زی‌توده مؤثر بود و توانست باعث ریزش برگ در اغلب کلن‌ها شود که بیانگر پاسخ نونهال‌ها در مقابله با کم‌آبی است. در این شرایط، نونهال‌های کلن ۶۳/۵۱ در آبیاری سه‌روزه تعداد برگ قابل ملاحظه‌ای داشته و نونهال‌های کلن ۷۷/۵۱ کمترین برگ را در دور آبیاری ۱۲روزه داشتند. کاهش اندام فتوسنتزکننده (نرخ برگ‌زایی) و تعرق کننده مکانیزم دیگری برای کنترل از دست رفتن آب و حفظ آب در گیاه است که در این پژوهش کلن‌های مختلف (۷۳/۵۱ و ۶۳/۵۱) در دور آبیاری ۹روزه از این راهکار استفاده کردند. مشابه این نتایج در پژوهش Chunying و همکاران (۲۰۰۵) درخصوص اثرات تنش خشکی بر *P. kangdingensis* نیز گزارش شده است.

وزن خشک ساقه و برگ (زی‌توده برگ وساقه) اغلب در شرایط کم‌آبی دچار تغییر می‌شود. در این پژوهش، نیز نونهال کلن‌های مختلف از نظر این متغیرها در برابر کم‌آبی مقادیر متفاوتی را نشان دادند. نونهال‌های صنوبر به‌منظور حفظ آب مورد نیاز برای رشد، در شرایط کم‌آبی اندام هوایی را کاهش می‌دهند تا با این راهکار با تنش مقابله کنند، اما در این بین، کلن ۶۹/۵۵ و ۶۳/۵۱ با حفظ رطوبت خود و ایجاد مکانیزم تحمل دارای بیشترین مقادیر وزن خشک ساقه و برگ بودند که مطابق با یافته‌های Chunying و همکاران (۲۰۰۵) است. وزن خشک ریشه نیز در شرایط تنش آبی کم می‌شود. ریشه در اولین منطقه جذب رطوبت یعنی محیط ریزوسفر به‌طور مستقیم در برابر کم‌آبی قرار می‌گیرد که لازم است با کاهش پتانسیل آبی خود در برابر پتانسیل ماتریک خاک، حداقل آب موجود در خاک را به سمت ریشه‌های موئین و فرعی نونهال تحت تنش هدایت کند. در این آزمایش، نونهال‌های کلن ۶۹/۵۵ در دور آبیاری سه‌روزه بیشترین وزن خشک ریشه را داشتند، به‌ویژه در شرایط اثرات متقابل، کلن ۶۹/۵۵ رتبه اول را داشت. ضمن اینکه نونهال‌های در شرایط آبیاری سه‌روزه، بیشترین درصد ریشه‌زایی و در دور آبیاری ۱۲روزه کمترین وزن خشک ریشه (ریشه‌زایی) را داشتند. اثرات کم‌آبی بر ریشه‌زایی صنوبر در پژوهش Puri (۲۰۰۳) درمورد *P. euramericana* نیز نشان داد که تنش کم‌آبی موجب تأخیر زمان ریشه‌زایی و کاهش ریشه‌دهی می‌شود.

در این پژوهش، علاوه‌بر صفات ریخت‌شناسی، صفات فیزیولوژی نونهال‌های کلن‌های صنوبر دلتوئیدس تحت تنش خشکی نیز ارزیابی شد و نتایج نشان داد که تبادلات گازی یعنی درواقع فتوسنتز و تعرق نونهال‌ها تحت تأثیر کم‌آبی قرار گرفتند. نرخ فتوسنتز خالص با افزایش فاصله آبیاری و تشدید تنش آبی سیر کاهنده‌ای داشت. از آنجایی‌که در فرایند واکنش نوری و تاریکی فتوسنتز حضور آب در کنار کلروفیل و CO_2 تعیین‌کننده است، با کاهش جذب آب و هدایت به مزوفیل برگ، اختلال در فتوسنتز نونهال‌ها ایجاد می‌شود. در پژوهش پیش‌رو، نونهال‌های با دور آبیاری سه‌روزه اکثر کلن‌ها به‌ویژه کلن ۱۰/ ۶۳ بیشترین نرخ فتوسنتز و دور آبیاری ۱۲روزه کلن‌های ۷۳/۵۱ و ۷۷/۵۱ کمترین فتوسنتز را داشتند.

نتایج این پژوهش اثر کاهش فتوسنتز بر صفات مورفولوژی و رشد نونهال‌ها را به‌طور کامل نشان داد. همچنین، مشخص شد که تعرق که از مشخصه‌های مهم فیزیولوژیکی است، در شرایط کم‌آبی دچار اختلال می‌شود. اولین مکانیزم گیاه در برابر تنش بستن روزنه‌های برگ است که از این طریق خروج آب به‌صورت بخار از فضای زیر روزنه‌ای در اثر اختلاف فشار بخار آب مزوفیل برگ و اتمسفر (تعرق) به حداقل می‌رسد. در این پژوهش نیز با محدودیت رطوبت خاک و کاهش آن در دورهای آبیاری ۱۲روزه برخی از کلن‌ها به‌ویژه کلن ۶۳/۵۱ این مکانیزم تحمل مشاهده شد. همچنین، با کاهش نرخ تعرق و درواقع آسیب به وضعیت پتانسیل آبی نونهال، رشد نونهال کم شد. مشابه با نتایج پژوهش پیش‌رو، Sadati (۲۰۱۱) و Zhang و همکاران (۲۰۰۴) نیز نتایج مشابهی را برای ارقام مختلف *P. davidiana* گزارش کردند. درنهایت، پژوهش پیش‌رو نشان داد که برخلاف اثرات تعیین‌کننده آب و تأمین رطوبت

www.SID.ir

Archive of SID

خاک در ناحیه ریشه برای رشد گیاه، نونهال‌های برخی از ارقام صنوبر مانند کلن ۶۹/۵۵ با ایجاد مکانیزم تحمل و اجتناب در برابر تنش خشکی، علاوه‌بر زنده ماندن در این شرایط، رشد مناسبی را نیز خواهند داشت.

منابع مورد استفاده

- Bagheri, R., Ghasemi, R., Calagari, M. and Merrikh, M., 2012. Effect of different irrigation intervals on superior poplar clones yield. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(3): 357-369 (In Persian).
- Chunying, Y., Youhong, P., Runguo, Z., Yaping, Z. and Chunyang, L., 2005. Adaptive responses of *Populus kangdingensis* to drought stress. Physiologia Plantarum, 123: 445-451.
- Ji-Rui G., Xin- shi, Zh., Yong-Mei. H. and Chun-Lai Zh., 2007.The effects of Flooding on several hybrid poplar clones in Northern China. Agroforestry Systems, 69: 77-88.
- Modir Rahmati, A.R., 1996. Determination of suitable poplar clones in Short-rotation system. Research Institute of Forest and Rangelands, 158p (In Persian).
- Novello, V., 1998. Diurnal changes of CO2 net assimilation rate and related parameters in *Pistacia vera* L. CIHEAM - Options Mediterranean, 33: 51-55.
- Puri, S. and Thompson, F.B., 2003. Effect of soil and plant water relations on rooting of *Populus* X*euramericana*stem cuttings. New Forests, 25: 109-124.
- Sadati, S.E. Ahangari, M. and Jafarzadeh, H., 2014. Physiological and morphological response of *P.alba* under dehydrated soil conditions. 13th Iranian Soil Science Congress. Ahvaz, 28-30 Jan. 2014: 110-114 (In Persian).
- Sadati, S.E. and Tabari, M., 2013. Growth and water relation in afforested *Populus caspica* seedling after one year drought stress. The First National Conference on Plant Stress. Isfahan, 1-2 Nov. 2013: 1-10 (In Persian).
- Sadati, S.E., 2011. Propagation approaches of *Populus caspica* Bornm. and study of morphological and physiological responses of its seedling under drought stress and flooding. Ph.D. thesis, Tarbiat Modares University, 131p (In Persian).
- Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. and papendick, R.I., 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Science Society of America Journal, 50: 1031-1036.
- Tschaplinski, T.J., Tuskan, G.A. and Gunderson, C.A., 1994. Water-stress tolerance of black and eastern cottonwood clones and four hybrid progeny. I. Growth, water relations and gas exchange. Canadian Journal of Forest Research, 24(2): 364-371.
- Yin, C., Duan, B., Wang, X., and Li, C., 2004. Morphological and physiological responses of two contrasting poplar species to drought stress and exogenous abscisic acid application. Plant Science, 167: 1091-1097.
- Yousefi, B. and Modir Rahmati, A.R., 2018. Evaluation of growth and yield of black poplar (*Populus nigra* L.) clones under drought stress period in comparative populetum of Sanandaj. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(2): 276-290 (In Persian).
- Zhang, X., Zang, R. and Li, C., 2004. Population differences in physiological and morphological adaptations of *Populus davidiana* seedlings in response to progressive drought stress. Plant Science, 166: 791-797.
- Zsuffa, L., Giordano, E., Pryor, L.D. and Stettler, R.F., 1996. Trends in poplar culture: some global and regional perspectives: 515-539. In: Steeeler, R.F., Bradshaw, H.D., Heilman, P.E. and Hinkley, T.M. (Eds.). Biology of Populus and its implications for management and conservation.NRC. Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa.

www.SID.ir

Archive of SID

Drought tolerant of seedlings of five clones of *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh

S.E. Sadati [1*], J. Mokhtari [2] and F. Asadi [3]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. E-mail: sadati10@yahoo.com
2- Senior Research Expert, Forests and Rangelands Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran
3- Associate Prof., Forests and Rangelands Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

Received: 02.06.2019 Accepted: 14.09.2019

Abstract

In this study, *Populous deltoides* Bartr. ex Marsh seedlings were exposed to drought stress for four months. Cuttings of poplar clones were collected from the terminal shoot in the Chamestan Research Station, Mazandaran Province, Iran. Cuttings were planted in plastic pots under the control environment of Ghaemshahr Horticultural Research Station in June. After three growing months, seedlings of uniform height were chosen. Then potted seedlings included treatment 20 under the control environment in five clone levels (*P.d.* 63/10, *P.d.* 63/51, *P.d.* 73/51, *P.d.* 69/55, and *P.d.* 77/51) and four drought stress levels (four periods of irrigation, 3, 6, 9, 12 days) with three replicates were investigated using a factorial experiment under randomized complete block design. Results showed that water stress affected and reduced growth, survival, seedling growth (height, diameter, leaf area), biomass, net photosynthesis, and transpiration. However, *P.d.* 69/55 clone seedling growth was appropriate in addition to optimal survival. However, comparisons amongst clones showed that the maximum rate of survival was achieved in *P.d.* 63/10 clone, but growth was less than that of *P.d.* 69/55 and *P.d.* 63/51 clones. Avoidance mechanisms in different clones caused the resistance of seedlings to drought. But among clones, *P.d.* 69/55, *P.d.* 63/51, *P.d.* 63/10 were relatively tolerant of drought. This study showed that the 9-day irrigation interval was the most suitable treatment for *P. deltoids* clones, also *P.d.* 77/51 clone was drought-susceptible with a 12-day irrigation interval. These results suggest that a selection of these clone seedlings for drought tolerance when water is limited with sandy loam soil in order to seedling production in nursery and wood cultivation conditions in the north of Iran. Thus particularly applies for *P.d.* 69/55 clone, which is also used the 9-day irrigation interval.

Keywords: Drought stress, photosynthesis, seedling growth, survival.

www.SID.ir